



TITLE:

Geodetic accuracy observations of regional land deformations caused by the 2011 Tohoku Earthquake using SAR interferometry and GEONET data(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Tamer, Ibrahim Mahmoud Mosaad ElGharbawi

CITATION:

Tamer, Ibrahim Mahmoud Mosaad ElGharbawi. Geodetic accuracy observations of regional land deformations caused by the 2011 Tohoku Earthquake using SAR interferometry and GEONET data. 京都大学, 2015, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2015-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19283>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	Tamer Ibrahim Mahmoud Mosaad ElGharbawi
論文題目	Geodetic accuracy observations of regional land deformations caused by the 2011 Tohoku Earthquake using SAR interferometry and GEONET data (干渉 SAR と GEONET データを用いた 2011 年東北大震災による広域地盤変動の高精度観測)		
(論文内容の要旨)			
<p>In this dissertation, we developed several approaches for integrating InSAR and GPS to obtain fine resolution displacement maps with geodetic accuracies. The main focus of this study is to measure the full deformation signature of the 2011 Tohoku earthquake using robust yet simple analysis methodologies incorporating InSAR and GPS observations. We demonstrate in detail the use of several SAR sensors and different GPS related products to increase the robustness and analysis coverage for several areas in Japan on regional and local scales.</p> <p>In chapter 1, we give an introduction to the thesis, the main contributions that have been made and the thesis road map.</p> <p>In chapter 2, we present comprehensive background information on synthetic aperture radar (SAR), Interferometric synthetic aperture radar (InSAR) and global positioning system (GPS).</p> <p>In chapter 3, we present a methodology for observing land deformation with geodetic accuracy. The presented methodology merges GPS data with a single interferogram and presents absolute deformation measurements with sub-centimeter accuracy. We first correct for the tropospheric error using GEONET’s data. Then, we use the corrected coordinates of GEONET’s GPS stations to correct for ionosphere, baseline errors and ambiguity value using a GPS based supervised spatial phase filtering. This methodology is applied to Tokyo bay area to determine the deformations resulted from the 2011 Tohoku earthquake, the final results are compared against GPS stations and triangulation stations observations and the standard deviation of the residuals are 5.6 and 10.5 mm, respectively.</p> <p>In chapter 4, we propose a methodology to estimate time variant deformation maps in major shock earthquakes using small number of SAR images and a single GPS stations. It is based on simultaneous multi-model simulation of the temporal signature of the earthquake based on prior information of a GPS station. We used the proposed methodology to estimate the coseismic and postseismic crustal deformations of Kanto region, Japan. The final estimated deformation maps are tested against GPS observations which show a mean RMSE of 6.9 millimeters. An increase in the postseismic deformation in Boso peninsula region is identified starting from May 20th, 2011. This postseismic deformation can be attributed to an activity in the Off Boso segment as a result of the large effect of the 2011 Tohoku earthquake. In addition, the effects of local deformations due to soil liquefactions and local land subsidence are presented, focusing on Tokyo bay area.</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	Tamer Ibrahim Mahmoud Mosaad ElGharbawi
<p>In chapter 5, we present our approach to estimate land deformations in areas that have vegetation cover and rough natural terrain using SAR interferometry and GPS observations. We propose using a subset of Temporal Stable Pixels (TSP). We identify TSP as the pixels that show a temporal phase standard deviation equivalent to the expected phase standard deviation of a pixel having coherence of a suitable threshold. Also, we propose different methods to incorporate GPS observations in the analysis, starting from the atmospheric correction, phase unwrapping and supervised spatial phase filtering. We applied the proposed methodology to estimate the full deformation signature of the 2011 Tohoku earthquake in the northeastern Japan. We verified the results against GPS observations which show a mean RMSE of few millimeters. The final results show differential postseismic deformation pattern which agrees with other studies suggesting the occurrence of anomalous crustal strain in Tohoku region.</p> <p>In chapter 6, we propose a methodology for time series analysis of major earthquakes with high spatial resolution. The proposed methodology incorporates GPS observations and permanent scatterers (PS) InSAR to retrieve the different components of land deformation by identifying and isolating each deformation component based on its main characteristics. We applied the proposed methodology to estimate the full deformation signature of the 2011 Tohoku earthquake in Sendai city. The postseismic time series analysis shows a variant postseismic activity similar to a sine wave form, this behavior can be attributed to the postseismic viscoelastic relaxation.</p> <p>In chapter 7, we present our approach to estimate deformations due to soil liquefaction phenomenon, which was developed in several Japanese cities during the 2011 Tohoku earthquake. We propose generating a single-master coseismic stack of interferograms using a postseismic SAR image as master and a stack of preseismic SAR images as slaves. This interferogram structure facilitate the PS-InSAR analysis in the presence of major shock deformation, in addition, it allows a prompt estimation of the liquefaction deformation by utilizing the SAR images archives with only one postseismic SAR image. In order to assess the accuracy of the proposed approach, quantitatively, we test it using synthetic data simulating the effects of the 2011 Tohoku earthquake. The estimated mean velocity, DEM error and local deformation show RMSE of 1.68 mm/year, 0.73 m and 5.23 mm, respectively. Then, we estimated the liquefaction deformation in Urayasu city, Japan and the qualitative assessment of the final results shows a good agreement with the damage and inclination maps generated by field surveys.</p> <p>In chapter 8, we present a summary of the thesis findings.</p>			

氏 名

Tamer Ibrahim
Mahmoud Mosaad
ElGharbawi

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、広域の地盤変動を面的に観測することのできる人工衛星搭載合成開口レーダー (SAR) と、固定点で高精度な時系列観測の可能な GPS ネットワーク (GEONET) を組み合わせて、高精度に広域の地盤変動を観測する方法を開発したものであり、その有効性を 2011 年東日本大震災に適用することにより検証している。得られた主要な成果は以下のとおりである。

第一に、地震の発生日を挟む 2 時期の SAR 画像 (L-バンド ALOS-PALSAR) から生成される干渉画像 (インタフェログラム) に対して、画像範囲及びその周辺に存在する GEONET 局データを用いて誤差 (対流圏遅延、電離層遅延、衛星軌道誤差) の補正を行い、地震による地盤変動を面的にセンチメートル以下の精度で観測できることを示した。観測対象としたのは千葉・東京を含む関東地方である。

第二に、同じく関東地方を観測した地震前後の多時期の SAR 画像 (C-バンド ENVISAT-ASAR) に対して、画像内にある一個の GEONET 局での観測データから求めた地盤変動モデルを適用することにより、地震前後の 7 ヶ月間における地盤変動を面的にセンチメートル以下の精度で観測できることを示した。

第三に、東北から関東に及ぶ広範囲の多時期 ENVISAT-ASAR 画像と GEONET データを組み合わせることで、地震前後の 7 ヶ月間における広域の地盤変動を面的にセンチメートル以下の精度で観測できることを示した。この観測では波長の短い C-バンド SAR を用いたため、山地や農地ではノイズが大きく有効な地盤変動値が得られないという問題があったが、インタフェログラム位相の変動が小さい離散点を抽出し、その点での地盤変動値を空間的に拡張することにより有効な観測範囲を広げることができた。

第四に、仙台市を対象とし、2009～2011 年までの時系列 TerraSAR-X 画像 (X-バンド) から生成された干渉画像において、位相が安定した恒常散乱ピクセルを抽出し、これらに対して線形変動と非線形変動を別々に推定することにより、地震発生時を含む地盤変動を高精度に求められることを示した。

第五に、東京湾岸の浦安市を対象として多時期の ALOS-PALSAR 画像を用いることにより、地震時の液状化による地盤変動を地震そのものによる地盤変動と分離できることを示した。

以上より、本論文は、地震や地盤沈下による広域の地盤変動を高精度に観測する技術として、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 27 年 8 月 24 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。